



AUSLEGESCHRIFT 1 094 341

C 18050 VIIIb/21c

ANMELDETAG: 13. DEZEMBER 1958

BEKANNTMACHUNG
DER ANMELDUNG
UND AUSGABE DER
AUSLEGESCHRIFT:

8. DEZEMBER 1960

1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur selbsttätigen Steuerung der Temperatur eines stromdurchflossenen Widerstandes, insbesondere eines Meßwiderstandes, dessen Temperatur beispielsweise als Meßgröße in Strömungsmessern, Gasanalysengeräten und Vakuummetern benutzt wird.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Vakuummessung durch Pirani-Vakuummeter, die nachstehend ausführlich behandelt werden sollen. Ihre Arbeitsweise bei einer Verwendung in den anderen aufgeführten und ähnlichen Anwendungsgebieten ist analog den hier beigebrachten Beispielen.

Ein Pirani-Vakuummeter benutzt die Wärmeabgabe eines meist stromgeheizten elektrischen Widerstandes mit großem Temperaturkoeffizienten zur Messung des Gasdruckes. Hierbei wird die Wärme vom Widerstand, z. B. einem dünnen Wolframdraht, durch das umgebende Gas abgeführt, dessen Wärmeleitfähigkeit mit dem Druck abnimmt. Diese Wärmeabgabe wurde schon durch den im Gas stattfindenden Wärmetransport zu einem Wärmefühler in Gestalt eines Thermoelementes gemessen. Doch sind jene Verfahren, die den geheizten Widerstand selbst gleichzeitig als Meßorgan benutzen, wegen der größeren zur Verfügung stehenden Anzeigeleistung günstiger. Für eine solche Messung können folgende prinzipiell verschiedene Verfahren unterschieden werden:

1. Die Spannung am Draht wird konstant gehalten, und die Stromänderung wird als Funktion des Gasdruckes beobachtet.
2. Der Widerstand (also auch die Temperatur des Widerstandes) wird konstant gehalten, und die hierzu erforderliche Leistungsaufnahme wird als Funktion des Gasdruckes beobachtet.
3. Der durch den Widerstand fließende Strom wird konstant gehalten, und die Widerstandsänderung (vor allem die am Widerstand liegende Spannung) wird als Funktion des Gasdruckes beobachtet.

Die bisher am häufigsten benutzte Meßanordnung ist die Wheatstonesche Brücke, in deren einem Brückenweig sich der Widerstand befindet, dessen Wärmeabgabe vom herrschenden Gasdruck abhängt. Diese Brückenschaltung benutzt das Prinzip 3; sie ist relativ empfindlich. Um diese Meßgeräte empfindlicher zu machen, wurden auch schon Röhrenverstärker für die Ausgangsspannung der Brücke und Regler für ihre Stromversorger benutzt, doch besaßen sie auch dann noch den großen Nachteil, daß ihr Anwendungsbereich beschränkt ist und nur von etwa 10^{-5} Torr bis zu etwa 1 Torr reicht. In einem etwas älteren Vorschlag der Anmelderin wurde auf der Basis des Prin-

Anordnung zur selbsttätigen Steuerung
der Temperatur
eines stromdurchflossenen Widerstandes

Anmelder:

Consolidated Electrodynamics
Corporation, Pasadena, Calif. (V. St. A.)

Vertreter: Dr.-Ing. Dr. jur. F. Lehmann, Patentanwalt,
München 5, Papa-Schmid-Str. 1

Allen R. Hamilton, Rochester, N. Y. (V. St. A.),
ist als Erfinder genannt worden

2

zips 2 eine Schaltung mit einem Magnetverstärker gezeigt, die den Meßbereich des Pirani-Vakuummeters nach größeren Drücken zu, und zwar bis zu etwa 15 Torr ausweitete.

Durch die vorliegende Erfindung wird eine Anordnung geschaffen, durch die sich der Arbeitsbereich eines Vakuummeters bis über den Atmosphärendruck (760 Torr) ausdehnen läßt. Dadurch ist es möglich, die Wärmeabgabe eines und desselben Widerstandes zur Druckmessung, vom Atmosphärendruck beginnend und bis zur gutem Hochvakuum reichend, auszunutzen.

Dies wird nach der Erfindung dadurch erreicht, daß die Temperatur des Meßwiderstandes innerhalb eines ersten Meßbereiches konstant gehalten und in einem zweiten, vorzugsweise anschließenden Meßbereich geändert wird. Die Wärmeabgabe wird dabei im zweiten Bereich größerer Drücke erhöht, und zwar durch einen nichtlinearen, vorzugsweise spannungsempfindlichen Widerstand, der in die Regeleinrichtung der Leistungszufuhr zum Meßwiderstand eingeschaltet ist.

Die erfindungsgemäße Schaltung bewirkt, daß das Verhältnis Spannung zu Strom an einem Widerstand in einem Bereich, der bei einem Pirani-Vakuummeter einem ersten Druckbereich von etwa 0,1 bis zu etwa 3 Torr entspricht, automatisch im wesentlichen konstant gehalten wird, so daß auch sein elektrischer Widerstand und seine Temperatur im wesentlichen konstant bleiben. Innerhalb eines zweiten Leistungsbereiches, der beim erwähnten Vakuummeter einem Druckbereich von etwa 2 bis etwa 800 Torr entspricht, wird das Verhältnis Spannung zu Strom

automatisch so geändert, daß die Leistungsaufnahme und damit die Temperatur des Widerstandes immer mehr ansteigt.

Zur Messung und Regelung dient vorzugsweise die am Widerstand liegende Spannung, deren Rückwirkung auf den Regler sich durch einen nichtlinearen Widerstand mit steigender Spannung automatisch verringert. Als Regler dient in der bevorzugten Ausführung der erfindungsgemäßen Schaltung ein Magnetverstärker mit einem sättigbaren Magnetkern. Der magnetische Fluß in diesem Kern wird durch die am Widerstand liegende Spannung verstärkt, durch den durch ihn fließenden Strom vermindert. Dadurch wird erreicht, daß der Widerstand sich im ersten Bereich auf einer im wesentlichen konstanten Temperatur befindet. Die Regelung im zweiten Bereich erfolgt nun so, daß die Einwirkung der Spannung in Abhängigkeit von ihrer Größe vermindert wird. In diesem zweiten Bereich wird dadurch die Temperatur des Widerstandes verändert, d. h. mit zunehmender Wärmeabgabe bei größeren Drücken erhöht.

An Hand der Zeichnungen wird die Erfindung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Schaltungsschema einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine Kurvendarstellung der Durchlaßwiderstandskennlinie des in der Anordnung nach Fig. 1 verwendeten spannungsempfindlichen Widerstandes,

Fig. 3 eine Kurvendarstellung der Arbeitskennlinie des sättigbaren Magnetkerns in der Anordnung nach Fig. 1,

Fig. 4 eine Kurvendarstellung des Arbeitsbereiches eines Pirani-Vakuummeters entsprechend der Anordnung nach Fig. 1,

Fig. 5 und 6 schematische Darstellungen anderer Ausführungsformen der Erfindung.

Wie Fig. 1 zeigt, ist der Meßwiderstand 22 mit einer Umhüllung 23 umgeben, die an ein nicht dargestelltes beliebiges Vakuumsystem angeschlossen werden kann. Der Meßwiderstand kann aus beliebigen elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, vorzugsweise aber aus einem Metall mit einem großen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes, z. B. aus Wolfram.

Der Meßwiderstand ist an einen Magnetverstärker 9 mit einem sättigbaren Magnetkern 10 angeschlossen. Der Magnetkern 10 trägt die Wicklungen 11, 12, 13 und 14, von denen die Wicklung 14 der Vorerregung des Kernes 10 dient. Die Wicklung 11 wird von dem Strom durchflossen, der durch den Meßwiderstand 22 geht, während die Amperewindungen, die durch die Spule 12 im Kern 10 erzeugt werden, von der Spannung am Meßwiderstand 22 abhängen. Die beiden Lastwicklungen 13 dienen der Regelung des Stromes, der dem Meßwiderstand 22 zugeführt wird.

Die Lastwicklungen 13 sind zu diesem Zweck mit den Enden der Sekundärwicklung eines Transformators 15, 16, 17 verbunden, der aus einer Wechselstromquelle 18 gespeist wird. Jede der Lastwicklungen 13 ist über einen Halbwellen-Trockengleichrichter 20 mit dem Meßwiderstand 22 verbunden. Hier ist auch der Glättungskondensator C_3 eingeschaltet, der mit dem negativen Pol 201, d. h. der direkten Verbindung zwischen dem Meßwiderstand 22 und der Mittelanzapfung der Transformatorwicklung 15, verbunden ist. Die Ausgangsspannung des Reglers herrscht zwischen den Schaltepunkten 201 und 202.

Die Wicklung 12 ist über die Widerstände R_5 und R_6 und einen Thermistor 26 parallel zu dem Meß-

widerstand 22 geschaltet. Der Thermistor 26 dient zur Kompensation von temperaturbedingten Änderungen in der Spule 12.

Ein spannungsempfindlicher Widerstand 27 mit einem nichtlinearen negativen Koeffizienten ist parallel zur Wicklung 12 an das Potentiometer R_8 angeschlossen, das zur Einstellung der durch die Steuerwicklung 12 bzw. den nichtlinearen Widerstand 27 fließenden Zweigströme dient. Dieser spannungsempfindliche Widerstand 27 kann an sich von jeder geeigneten Bauart sein. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß ein Selengleichrichter mit der Durchlaßwiderstandskennlinie nach Fig. 2 am besten geeignet ist.

Ein der Anzeige dienendes Voltmeter 28 mißt den Spannungsabfall am Meßwiderstand 22 und ist mit einem Kompensator 29 und einem Potentiometerwiderstand R_1 in bekannter Weise zusammengeschaltet. Dieser Kompensator enthält ein gasgefülltes Stabilisierungsrohr 34, den Glättungskondensator C_1 , die Widerstände R_2 und R_3 , den Halbwellengleichrichter 30 sowie den Netztransformator 31, 32, 33.

Die zur Sättigung des Magnetkernes 10 dienende Erregerwicklung 14 erhält Gleichstrom über einen Gleichrichter 37, einen Stromregler 38 und einen Widerstand R_4 . Diese sind in Reihe an den Transformator 15, 16, 17 angeschlossen. Die Wicklung 14 erhält ihren Strom von dem einen Ende des Widerstandes R_4 und vom Schiebekontakt 41, der längs des Widerstandes R_4 bewegbar ist. Ein Glättungskondensator C_2 ist parallel zur Wicklung 14 geschaltet.

Für normale Arbeitsbedingungen sind die Wicklungen 11 und 12 so ausgelegt, daß sie in dem sättigbaren Magnetkern 10 gleiche Amperewindungszahlen mit entgegengesetzter Flußrichtung hervorrufen. Wenn der Widerstand 22 die gewünschte Temperatur hat, wird daher der von diesen Wicklungen erzeugte magnetische Fluß aufgehoben. Die Erregerwicklung 14 ist auf den Magnetverstärkerkern in solcher Richtung aufgewickelt, daß sie den Fluß der Wicklung 12 verstärkt und dem Fluß der Wicklung 11 entgegenwirkt.

In Fig. 3 ist die zwischen den Schaltepunkten 201 und 202 herrschende Ausgangsspannung A des Reglers in Abhängigkeit von der Feldstärke H , die in dem sättigbaren Magnetkern 10 erzeugt wird, dargestellt. Unter Verwendung der geregelten Vorsättigung V durch Spule 14 wird der Magnetfluß auf einen Sättigungswert eingestellt, der durch den Punkt 42 auf der Kurve dargestellt ist. Falls erwünscht, können die Erregerwicklung 14 und der zugehörige Speisekreis aus der Anordnung nach Fig. 1 weggelassen werden; anstatt dessen können die Spannungs- und die Stromwicklungen 11 und 12 so bemessen und eingeregelt werden, daß sich ihr Fluß nicht gegenseitig aufhebt, sondern eine resultierende Feldstärke H erzeugt, die die erforderliche Vormagnetisierung entsprechend dem Punkt 42 liefert.

Durch den veränderbaren Widerstand R_5 werden die Magnetflüsse, die von der Wicklung 11 (S) und der Wicklung 12 (M) erzeugt werden, so eingeregelt, daß sie einander aufheben und der Flußwiderstand auf einer geeigneten Temperatur, z. B. 142°C , gehalten wird, wenn er einem extrem kleinen Druck von beispielsweise weniger als 10^{-5} mm Hg ausgesetzt wird. Die Kompensationsspannung für das Voltmeter 28 wird dann am Potentiometer R_1 so eingestellt, daß das Voltmeter 28 beim Druck »Null«, d. h. weniger als etwa 10^{-5} mm Hg , keine Spannung anzeigt. Das

Voltmeter zeigt also keine Auslenkung, wenn der Meßwiderstand die erwünschte Temperatur hat und der Druck praktisch gleich Null ist.

Solange der Druck auf weniger als 10^{-5} mm Hg bleibt, wird der von den Steuerwicklungen 11, 12 erzeugte Fluß S, M aufgehoben, und die Ausgangsspannung bleibt bei dem Punkt 42. In diesem Zustand setzt die sättigbare Reaktanz dem Strom durch die Wicklung 12, der zur Erwärmung des Meßwiderstandes 22 dient, eine verhältnismäßig hohe Impedanz entgegen und hält die erwünschte Temperatur konstant.

Wenn der Druck am Meßwiderstand 22 stark zunimmt, z. B. auf 4 Torr, hat seine Temperatur das Bestreben, abzunehmen, und zwar wegen der bei höherem Druck größeren Wärmeabgabe an das umgebende Gas. Während seine Temperatur abnimmt, nimmt sein Widerstand auch in einem erheblichen Ausmaß ab. Dies hat zur Folge, daß der durch die Wicklung 11 fließende Strom zunimmt und damit auch den von der Stromwicklung 11 erzeugten Fluß S auf den Wert S' vergrößert (Fig. 3).

Da die Spannung am Widerstand 22 dabei abnimmt, kann der von der Spannungswicklung 12 jetzt erzeugte kleinere Fluß M' den jetzt größeren Fluß S' nicht mehr kompensieren und verschiebt in Fig. 3 den Arbeitspunkt zum Punkt 44. Der magnetische Kern wird dadurch mehr gesättigt und setzt dem Strom durch die Lastwicklungen eine geringere Impedanz entgegen, so daß er größer wird und den Widerstand 22 höher heizt. Der dadurch vergrößerte Widerstandswert des Meßwiderstandes 22 stellt das ursprüngliche Verhältnis zwischen Strom und Spannung fast ganz wieder her, so daß der Widerstand 22 im wesentlichen auf den ursprünglichen Widerstands- und Temperaturwerten gehalten wird.

Bei einer jetzt erfolgenden Druckabnahme auf beispielsweise 0,5 Torr verschiebt sich der Arbeitspunkt in analoger Weise zum Punkt 43 in Fig. 3.

Wird der Druck um den Widerstand weitergesteigert, z. B. auf über 10 mm Hg, so wird die Sättigung der Reaktanz immer weiter gesteigert, so daß an den Fühlwiderstand eine immer höhere Spannung gelegt wird.

In diesem Druckbereich ist die an dem nichtlinearen Widerstand 27 liegende Spannung hoch genug, so daß ein merkbarer Strom durch ihn zu fließen beginnt. Der Widerstand 27 stellt also einen Kurzschluß für einen Teil des Stromes dar, der sonst in vollem Umfange durch die Wicklung 12 fließen würde. Die Rückwirkung des Stromes (über die Wicklung 11) bleibt in alter Größe bestehen, die Rückwirkung der Spannung (über die Wicklung 12) nimmt jedoch ab. Der Strom in dieser Wicklung 12 nimmt nicht proportional zu dem Strom in der Wicklung 11 zu, wie es vorher bei den niedrigeren Drücken der Fall war, und der Fluß H erreicht einen höheren Wert, als wenn der spannungsempfindliche Widerstand 27 nicht vorhanden wäre. Hierdurch kann die an den Fühlwiderstand gelegte Spannung bis zu einem Wert zunehmen, der den Fühlwiderstand wesentlich über 142°C aufheizt. Eine weitere Drucksteigerung ruft eine weitere zusätzliche Vergrößerung der an dem Meßwiderstand 22 liegenden Spannung hervor und hat zur Folge, daß entsprechend der Durchlaßwiderstandskennlinie (Fig. 2) des spannungsempfindlichen Widerstandes mehr Strom an der Wicklung 12 vorbeifließt. Während der Gasdruck um den Fühlwiderstand zunimmt, z. B. auf Atmosphärendruck, nimmt also die Sättigung der Reaktanz selbsttätig zu und läßt

die Temperatur des Fühlwiderstandes ebenfalls ansteigen.

Die Wirkungsweise der Anordnung nach Fig. 1 wird verstärkt, wenn der Regler 9 so gebaut wird, daß er als Magnetverstärker eine große Verstärkung, z. B. 30 000 bis 50 000, besitzt. Die Arbeitsweise wird außerdem dadurch verbessert, daß der Spannungsabfall an der Wicklung 11, verglichen mit dem am Meßwiderstand 22, klein gemacht wird, und dadurch, daß der von der Wicklung 12 hervorgerufene, verglichen mit dem durch den Fühlwiderstand fließenden Strom klein gehalten wird.

Ein zusätzlicher Vorteil des in Fig. 1 dargestellten Gerätes liegt darin, daß die Ausgangsgröße des Magnetverstärkers groß genug ist, nicht nur das Voltmeter 28 zu betreiben, sondern sogar unmittelbar ein Relais. Die Anordnung kann also zur unmittelbaren Steuerung von Schaltvorgängen benutzt werden, ohne daß die übliche Komplikation durch überempfindliche Relais, Unterbrecherkreise, Verstärker usw. auftritt.

Bei der beschriebenen bevorzugten Form der erfindungsgemäßen Einrichtung wird der Gasdruck mit Hilfe des Voltmeters 28 gemessen, das an den Meßwiderstand 22 angeschlossen ist. Die ausgezogene Kurve C in Fig. 4 ist eine Darstellung der Spannung am Meßwiderstand gegen den ihn umgebenden Luftdruck bei der Anordnung nach Fig. 1. Die gestrichelte Kurve D ist eine Darstellung der mit derselben Anordnung erzielten Werte, wobei aber der spannungsempfindliche Widerstand 27 entfernt wurde, so daß die Temperatur des Meßwiderstandes über den ganzen untersuchten Druckbereich hin konstant gehalten wurde. Diese Kurve D zeigt, daß Drücke über etwa 15 Torr praktisch nicht mehr gemessen werden können.

Beide Kurven nach Fig. 4 wurden unter Verwendung eines Wolframheizdrahtes als Fühlwiderstand erzielt. Vor der Verwendung des Heizdrahtes in der Schaltung wurde dessen Oberfläche dadurch geschwärzt, daß der Draht in Luft auf Rotglut gebracht wurde. Der Draht wurde während der Messung in waagerechter Lage gehalten und hatte einen Widerstand von 8,75 Ohm bei 27°C .

Wie man aus den Kurven nach Fig. 4 erkennt, ist bei Verwendung des spannungsempfindlichen Reglers 27 die Spannungsänderung bei einer Druckänderung in dem Bereich von 0,1 bis etwa 800 mm Hg groß genug, um eine genaue Druckmessung zu gewährleisten. Hält man andererseits durch Fortlassen von 27 den Fühlerwiderstand auf einer konstanten Temperatur innerhalb des ganzen Bereiches höherer Drücke, so erhält man eine Kurve, die über etwa 10 mm Hg zunehmend steiler wird, so daß sie über etwa 15 mm Hg von geringem Anzeigewert ist. Unter etwa 0,1 mm Hg ist die Kurve mit oder ohne den spannungsempfindlichen Widerstand so steil, daß es zur Messung von so kleinen Gasdrücken vorzuziehen ist, den Meßwiderstand 22 in eine übliche Brückenschaltung mit konstanter Spannung einzuschalten und dabei den Magnetregler 9 als eine spannungsregelnde Stromquelle für die Brücke zu verwenden.

Fig. 5 ist ein Schaltschema einer abgewandelten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung. Unterschiedlich gegenüber der vorherbeschriebenen Anordnung ist, daß nur eine Steuerwicklung 53 vorgesehen ist und daß die Erregerwicklung 14 aus einer Gleichstromquelle 55 über eine einstellbare Anzapfung 56 gespeist wird. Eine Leitung verbindet das positive Potential der Gleichrichter 20 mit dem einen Eingangsende 203 einer Wheatstoneschen Brücke mit

vier Zweigen. Eine Leitung mit negativem Potential verbindet die Mittelanzapfung der Sekundärwicklung 15 des Speisetransformators mit dem anderen Eingang 205 der Brücke. Der Meßwiderstand 22 des Pirani-Vakuummeters bildet den einen Arm der Brücke.

Ein zweiter Brückenwiderstand 70 und ein dritter Brückenwiderstand 72 sind miteinander in Reihe geschaltet und bilden den zweiten bzw. dritten Arm der Brücke, ein vierter Brückenwiderstand 73 ist in Reihe mit dem Meßwiderstand 22 geschaltet und bildet den vierten Brückenarm. Die beiden Enden der Steuerwicklung 53 des Magnetreglers sind mit den Brückenausgängen 204 und 206 verbunden. Ein nichtlinearer spannungsempfindlicher Widerstand 78 ist mit dem negativen Punkt 205 und mit einer Anzapfung 81 verbunden, die längs des dritten Brückenwiderstandes 72 verschiebbar ist. Das Voltmeter 28 ist parallel zu dem Meßwiderstand 22 geschaltet. Falls erwünscht, kann dem Voltmeter eine Kompensationsspannung in ähnlicher Weise zugeführt werden, wie es in der Schaltung nach Fig. 1 dargestellt ist, so daß die Voltmessausslenkung auf »Null« eingestellt werden kann, wenn der Druck praktisch Null ist.

Bei der Anordnung nach Fig. 5 haben die Brückenarme solche Widerstände, daß dann, wenn der Druck auf ein hohes Vakuum von z. B. weniger als 10^{-5} mm Hg gebracht ist, die Brücke sich im Gleichgewicht befindet, d. h., daß kein Strom durch die Steuerwicklung fließt und die Reaktanz einen Sättigungswert hat, wie er durch den Punkt 42 der Kurve nach Fig. 3 angedeutet ist. Dieser Sättigungsgrad wird durch die Erregerwicklung 14 eingestellt.

Wenn der Druck erhöht wird, nimmt die Temperatur des Meßwiderstandes 22 ab, bringt die Brücke aus dem Gleichgewicht und läßt einen Strom durch die Steuerwicklung 53 des Magnetreglers fließen. Dieser Strom fließt in solcher Richtung, daß er die Brückenspannung erhöht (die Sättigung des Magnetkerns erhöht) und damit die Temperatur des Meßwiderstandes 22 erhöht, so daß das Brückengleichgewicht wieder hergestellt wird. Die Schaltung ist also bestrebt, den Meßwiderstand 22 auf einer konstanten Temperatur zu halten, solange die Spannung an dem dritten Brückenarm 205-206, der den linearen Widerstand 72 und den parallelen nichtlinearen Widerstand 78 enthält, so klein ist, daß kein nennenswerter Strom durch den nichtlinearen Widerstand 78 fließt. Steigt jedoch der Druck um den Fühlwiderstand ausreichend an, z. B. auf etwa 10 mm Hg, so ist die am nichtlinearen Widerstand 78 liegende Spannung ausreichend hoch, und ein Strom beginnt durch diesen zu fließen. Dadurch wird der wirksame Widerstand des dritten Brückenarmes 205-206 herabgesetzt. Während der Widerstand des Brückenarmes 205-206 abnimmt, muß der Widerstand des gegenüberliegenden Armes 203-204, der den Meßwiderstand 22 enthält, zunehmen, damit das Gleichgewicht wiederhergestellt wird. Die Anordnung erfordert also, daß zur Aufrechterhaltung des Brückengleichgewichtes dem Meßwiderstand immer höher werdende Temperaturen gegeben werden.

Eine Eichkurve ähnlich der ausgezogenen Kurve nach Fig. 4 wird durch eine solche Einstellung der Schaltungskonstanten erzielt, daß der Meßwiderstand 22 von 0,01 Torr an bis etwa 10 Torr eine konstante Temperatur hat. Oberhalb von 10 mm Hg wird die Wirkung des nichtlinearen Widerstandes 78 wesentlich, und die Temperatur des Meßwiderstandes 22 nimmt mit steigendem Druck immer mehr zu.

Die Anzapfung 81, die längs des dritten Brückenwiderstandes 72 verschiebbar ist, bildet ein Mittel zum Einstellen der Beziehung zwischen dem linearen und dem nichtlinearen Widerstandszweig, wodurch eine Einstellung des Druckes ermöglicht wird, bei welchem die Temperatur des Meßwiderstandes 22 anzusteigen beginnt und wodurch außerdem eine Einstellung der Größe der Temperaturzunahme in Abhängigkeit von der Druckzunahme ermöglicht wird.

Der nichtlineare Widerstand 78 muß nicht unbedingt einen negativen Temperaturkoeffizienten haben. Ein nichtlinearer Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten kann auch verwendet werden, indem er parallel zu einem anderen geeigneten Brückenarm geschaltet wird, und zwar entweder zu dem zweiten Widerstand 70 oder dem vierten Widerstand 73.

Fig. 6 ist ein Schaltschema einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. Diese weist eine Wheatstonesche Brücke auf, deren Eingangspunkte 203, 205 mit der Sekundärwicklung 93 eines Transformators 94 verbunden sind. Der Meßwiderstand 22 bildet den ersten Brückenarm 203-204. Der zweite Brückenwiderstand 70 und der dritte Brückenwiderstand 72 sind in Reihe geschaltet und bilden den zweiten Brückenarm 203-206 bzw. den dritten Brückenarm 205-206. Ein nichtlinearer spannungsempfindlicher Widerstand 78 ist an dem Brückeneingang 205 zwischen den Widerständen 72 und 73 und an eine Anzapfung 81 angeschlossen, die längs des dritten Brückenwiderstandes 72 verschiebbar ist.

Ein vierter Brückenwiderstand 73 ist in Reihe mit dem Meßwiderstand 22 geschaltet und bildet den vierten Brückenarm 204-205. Das Steuergitter 100 einer Verstärkerröhre 101 ist über einen Widerstand R_{15} mit dem Brückenausgang 206 zwischen den Widerständen 70 und 72 verbunden. Die Kathode 102 der Verstärkerröhre ist über einen Kathodenwiderstand R_{16} mit dem anderen Brückenausgang 204 zwischen dem Meßwiderstand 22 und dem Widerstand 73 verbunden. Ein Kondensator C_4 ist parallel zum Widerstand R_{16} geschaltet und bildet eine Überbrückung für Wechselstrom.

Das Bremsgitter 103 der Verstärkerröhre 101 ist mit der Kathode 102 verbunden, und das Schirmgitter 104 ist über einen Kondensator C_5 mit dem negativen Potential 105 der Anordnung verbunden. Die Anode 106 der Verstärkerröhre ist über einen Anodenwiderstand R_{17} mit dem Anodenpotential 107 verbunden. Ein Kondensator C_6 verbindet das Steuergitter der Verstärkerröhre mit dem Erdpotential 105 und trägt mit dazu bei, diese erste Stufe zum Schwingen zu veranlassen. Die Widerstände R_{18} und R_{19} liefern die richtige Spannung für das Schirmgitter 104. Die Anode der Verstärkerröhre ist über einen Kondensator C_7 mit dem Steuergitter 110 einer Leistungs-Endröhre 112 verbunden. Das Steuergitter dieser Röhre ist über einen Widerstand R_{20} mit dem Erdpotential 105 verbunden.

Die Anode 114 der Endröhre ist über die Primärwicklung 116 des Transformators 94 mit dem Anodenpotential 107 verbunden. Das Schirmgitter 118 der Endröhre ist über einen Widerstand R_{21} mit dem Erdpotential 105 verbunden. Ein Wechselstromüberbrückungskondensator C_8 ist parallel zu dem Widerstand R_{21} geschaltet. Die Kathode 120 der Endröhre ist über einen Kathodenwiderstand R_{22} und einen Kondensator C_9 mit dem Erdpotential 105 verbunden.

Die eine Seite eines Voltmeters 28 ist mit dem einen Ausgangspunkt eines Doppelweggleichrichters

124 verbunden, dessen beide Eingangspunkte an die Wicklung 126 des Transformators 94 angeschlossen sind. Der andere Ausgangspunkt der Gleichrichteranordnung ist mit dem Erdpotential 105 verbunden.

Die andere Seite des Voltmeters ist über einen veränderbaren Widerstand R_{23} und einen Potentiometerwiderstand R_{24} ebenfalls mit dem negativen Potential 105 verbunden. Der Schleifarm 130 des Potentiometers ist über einen Begrenzungswiderstand R_{25} mit der positiven Gleichstromleitung verbunden. Durch richtige Einstellung des Schleifarms 130 kann dem Voltmeter eine solche Spannung zugeführt werden, daß es eine Auslenkung »Null« zeigt, wenn der Meßwiderstand 22 die richtige Temperatur hat und der ihn umgebende Gasdruck »Null« ist, d. h. beispielsweise weniger als etwa 10^{-5} Torr beträgt.

Bei der Anordnung nach Fig. 6 arbeitet die Verstärkerröhre 101 als Oszillator und liefert über die Endverstärkerröhre 112 und den Transformator 94 eine Wechselspannung an die Brücke. Bei extrem kleinem Gasdruck in der Umhüllung 23 des Meßwiderstandes 22 ist die Brücke im Gleichgewicht, und die von der Endröhre 112 über die Wicklung 93 abgegebene Eingangsleistung der Brücke reicht aus, um den Meßwiderstand 22 auf der gewünschten Temperatur zu halten. Der Schleifarm des Potentiometers R_{24} wird so eingestellt, daß er die dem Voltmeter 28 von der Fühlwicklung zugeführte Spannung kompensiert, so daß das Voltmeter den Ausschlag Null zeigt. Wenn der Druck in der Umhüllung ansteigt, z. B. auf etwa 0,5 mm Hg., nimmt die Temperatur des Meßwiderstandes 22 wegen der stärkeren Wärmeleitung im Gas ab und bringt die Brücke aus dem Gleichgewicht. Diese führt dann dem Steuergitter der Verstärkerröhre 101 ein Signal zu. Das Signal wird verstärkt und an das Gitter der Endröhre 112 gelegt, wodurch die Ausgangsleistung dieser Röhre erhöht wird, der Primärwicklung des Transformators 94 und der Brücke mehr Energie zugeführt wird. Hierdurch wird die dem Gitter 100 zugeführte Spannung erhöht, bis die Temperatur des Meßwiderstandes 22 fast genau wieder ihren ursprünglichen Wert angenommen und so die Brücke wieder das Gleichgewicht erreicht hat.

Wenn der Druck um den Fühlwiderstand weiter zunimmt, z. B. auf etwa 15 mm Hg., ist die an die Brücke angelegte Spannung so hoch, daß ein wesentlicher ins Gewicht fallender Stromanteil durch den nichtlinearen spannungsempfindlichen Widerstand 78 zu fließen beginnt. Hierdurch wird die Endröhre 112 veranlaßt, mehr Spannung als sonst an die Brücke zu legen. Hierdurch wird die Temperatur des Meßwiderstandes 22 zur Wiederherstellung des Brückengleichgewichtes auf höheren Werten gehalten.

Die Meßwicklung 126 des Transformators erlaubt, die der Brücke zugeführte Energiemenge mittels des Voltmeters 28 zu messen. Der veränderbare Widerstand R_{24} ist eine Empfindlichkeitssteuerung, durch die das Voltmeter 28 unmittelbar in Druckeinheiten ablesbar gemacht werden kann.

Wie bei den Anordnungen nach Fig. 1 und 5 hat die selbsttätige Temperaturzunahme des Meßwiderstandes 22 auch bei der Anordnung nach Fig. 6 zur Folge, daß sie eine Eichkurve ähnlich der in Fig. 4 dargestellten hat.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Anordnung zur selbsttätigen Steuerung der Temperatur eines stromdurchflossenen Widerstandes, insbesondere eines Meßwiderstandes in

einem Pirani-Vakuummeter, mittels eines Gerätes, das die Leistungszufuhr zu ihm automatisch regelt, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Widerstandes (22) innerhalb eines ersten Bereiches konstant gehalten und in einem zweiten, vorzugsweise anschließenden Bereich automatisch geändert wird.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Widerstandes (22) in einem Bereich größerer Wärmeableitung (durch das den Widerstand umgebende Medium) erhöht wird.

3. Anordnung nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Temperatur des Widerstandes (22) durch einen nichtlinearen Widerstand (27, 78) erfolgt, der in die Regeleinrichtung eingeschaltet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung für die Leistungszufuhrregelung zum Widerstand (22) auf die an diesem Widerstand liegende Spannung anspricht.

5. Anordnung nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der spannungsempfindliche nichtlineare Widerstand (27, 78) einen negativen Temperaturkoeffizienten hat.

6. Anordnung nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Widerstand (22) zugeführte Spannung durch ein Voltmeter (28) gemessen wird, wobei diese Spannung wenigstens teilweise in bekannter Weise durch ein Zusatzgerät (29, R_1) kompensiert wird.

7. Anordnung nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der nichtlineare Widerstand (27) die Leitungen überbrückt, durch die die am Widerstand (22) liegende Spannung zum Regelgerät (9) zurückgeführt wird.

8. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Regelung der dem Widerstand (22) zugeführten Leistung durch einen an sich bekannten magnetischen Verstärker (9) erfolgt.

9. Anordnung nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Regelung der dem Widerstand (22) zugeführten Leistung über eine Oszillatordröhre (101), eine Verstärkerröhre (112) und einen Transformator (94) erfolgt, der die Leistung dem Widerstand (22) in Form von Wechselstrom zuführt.

10. Anordnung nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der magnetische Leistungsregler (9) in an sich bekannter Weise eine sättigbare Reaktanz (10) aufweist, der den Meßwiderstand (22) durchfließende Strom durch eine Spule (11) in der Reaktanz ein magnetisches Feld in der einen Richtung und die am Widerstand (22) liegende Spannung durch eine weitere Spule (12) ein magnetisches Feld in der entgegengesetzten Richtung erzeugt und daß die sättigbare, auf das magnetische Feld ansprechende Reaktanz den durch den Meßwiderstand (22) fließenden Strom steuert, dabei in einem ersten Meßbereich das Verhältnis von Strom und Spannung am Meßwiderstand (22) im wesentlichen konstant hält, während in einem zweiten Meßbereich dieses Verhältnis in Abhängigkeit von der am Meßwiderstand liegenden Spannung geändert wird.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die am Meßwiderstand (22) liegende Spannung außer auf die spannungsregelnde

Spule (12) auch auf einen parallel zu ihr liegenden nichtlinearen Widerstand (27) einwirkt und dessen Widerstandsänderung das Strom-Spannungs-Verhältnis im zweiten Meßbereich gegenüber dem im wesentlichen konstanten Wert im ersten Meßbereich ändert. 5

12. Anordnung zur selbsttätigen Steuerung der Temperatur eines Meßwiderstandes, der in dem einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke liegt, deren Eingangsspannung nach Anspruch 1 bis 8 10 geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsseite eines magnetischen Leistungsreglers (9) mit dem Brückeneingang verbunden ist, wobei dieser Regler in an sich bekannter Weise eine sättigbare Reaktanz enthält und eine auf die 15 Ausgangsgröße der Brücke ansprechende Wicklung (53) ein magnetisches Feld erzeugt, wodurch der Meßwiderstand (22) innerhalb eines ersten Meßbereiches auf einer im wesentlichen konstanten Temperatur gehalten wird, und daß ein spannungsabhängiger Widerstand (78) vorgesehen ist, 20 der in Abhängigkeit von der an die Brücke gelegten Spannung die Temperatur des Meßwiderstandes innerhalb eines zweiten Meßbereiches ändert.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der spannungsabhängige Widerstand (78) in Abhängigkeit von der an die Brücke gelegten Spannung eine Änderung des effektiven Widerstandes eines anderen Brückenzweiges (205-206) bewirkt und so die Temperatur des Meßwiderstandes (22) innerhalb des zweiten Meßbereiches ändert und insbesondere aus einem nichtlinearen Widerstand mit negativem Widerstands- 30

koeffizienten besteht, der parallel zu dem Brückenzweig (205-206) geschaltet ist, der dem Meßwiderstand gegenüberliegt.

14. Anordnung nach Anspruch 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wicklung (53) zur Regelung der Stromquelle in Abhängigkeit von der Ausgangsgröße der Brücke in der Weise vorgesehen ist, daß der Meßwiderstand (22) innerhalb eines ersten Meßbereiches auf einer im wesentlichen konstanten Temperatur gehalten wird und in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung der Brücke im zweiten Meßbereich diese Temperatur ändert.

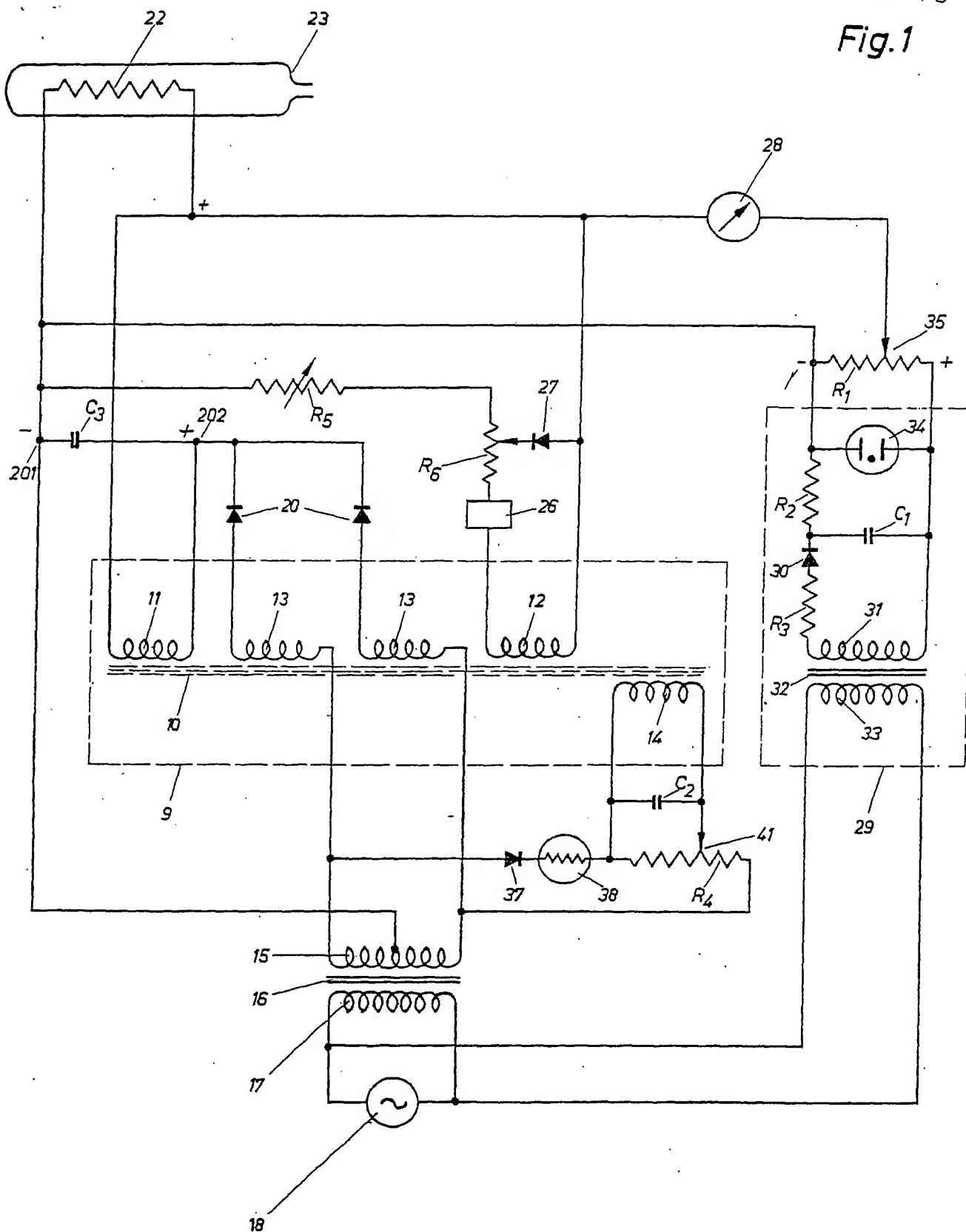
15. Anordnung nach Anspruch 1, 9, 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang eines Verstärkers mit dem Eingang der Brücke verbunden ist und daß ein Widerstand (78) den effektiven Widerstand eines der anderen Brückenzweige (205-206) in Abhängigkeit von der an die Brücke gelegten Spannung ändert (Fig. 6).

16. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem Pirani-Vakuummeter verwendet wird und die Temperatur eines Meßwiderstandes (22) in einem ersten Bereich niedriger Gasdrücke im wesentlichen konstant hält, während sie in einem zweiten Bereich höherer Gasdrücke diese Temperatur erhöht.

In Betracht gezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschrift Nr. 502 927;
britische Patentschrift Nr. 374 899;
USA.-Patentschrift Nr. 2 460 873.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1



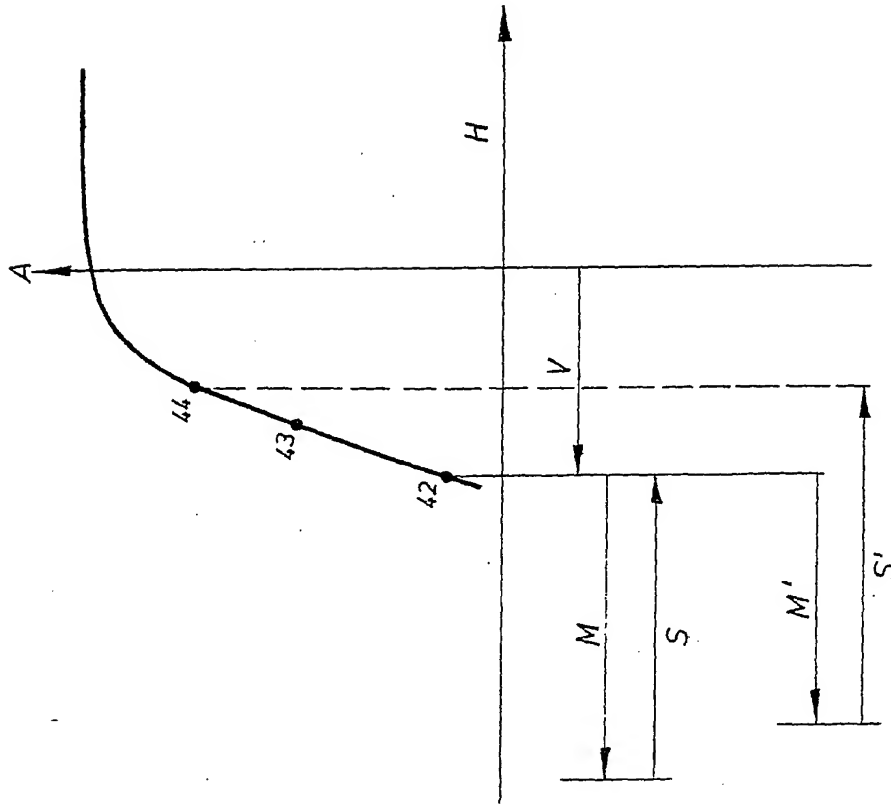


Fig. 3

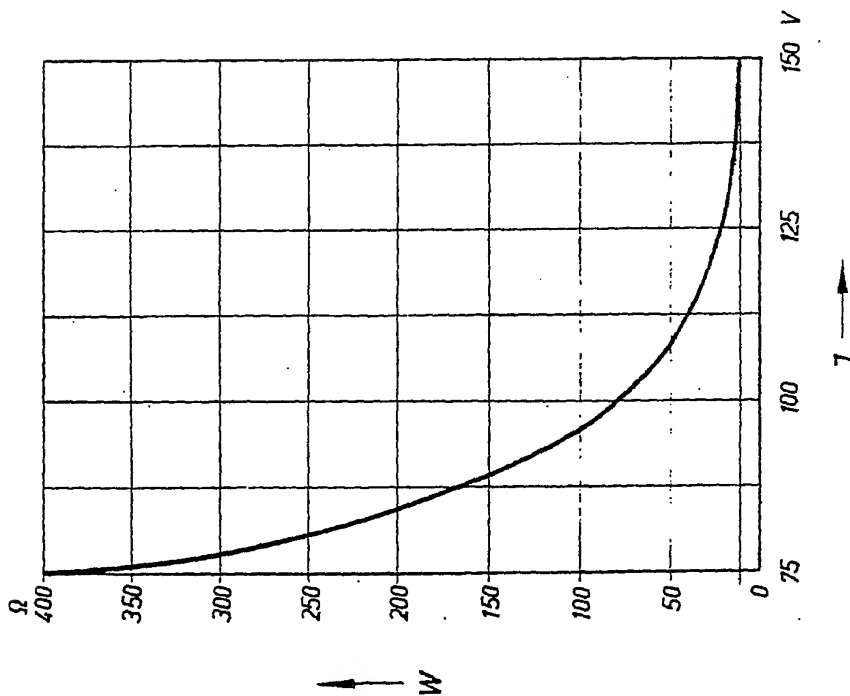


Fig. 2

Fig. 4

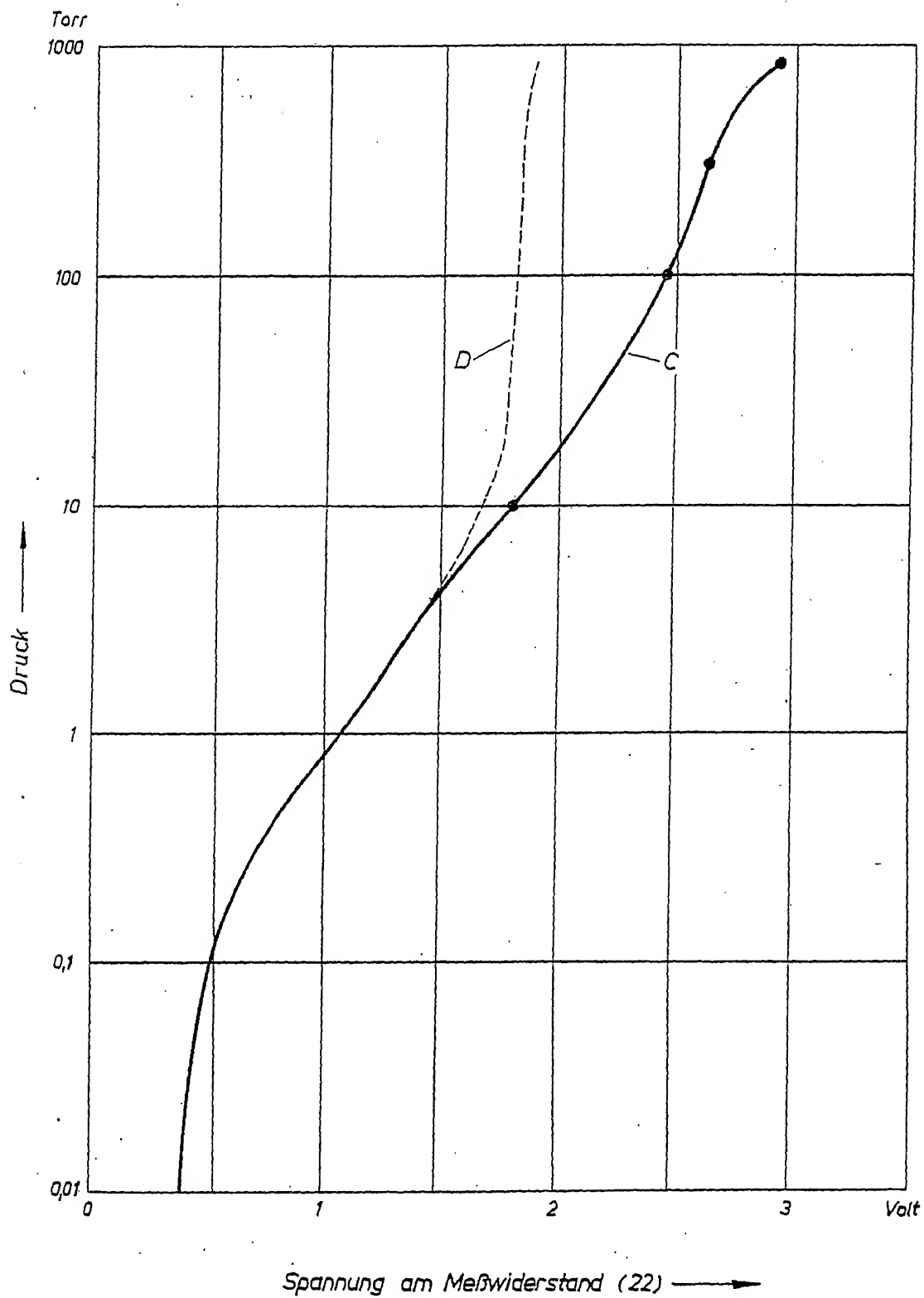


Fig. 5

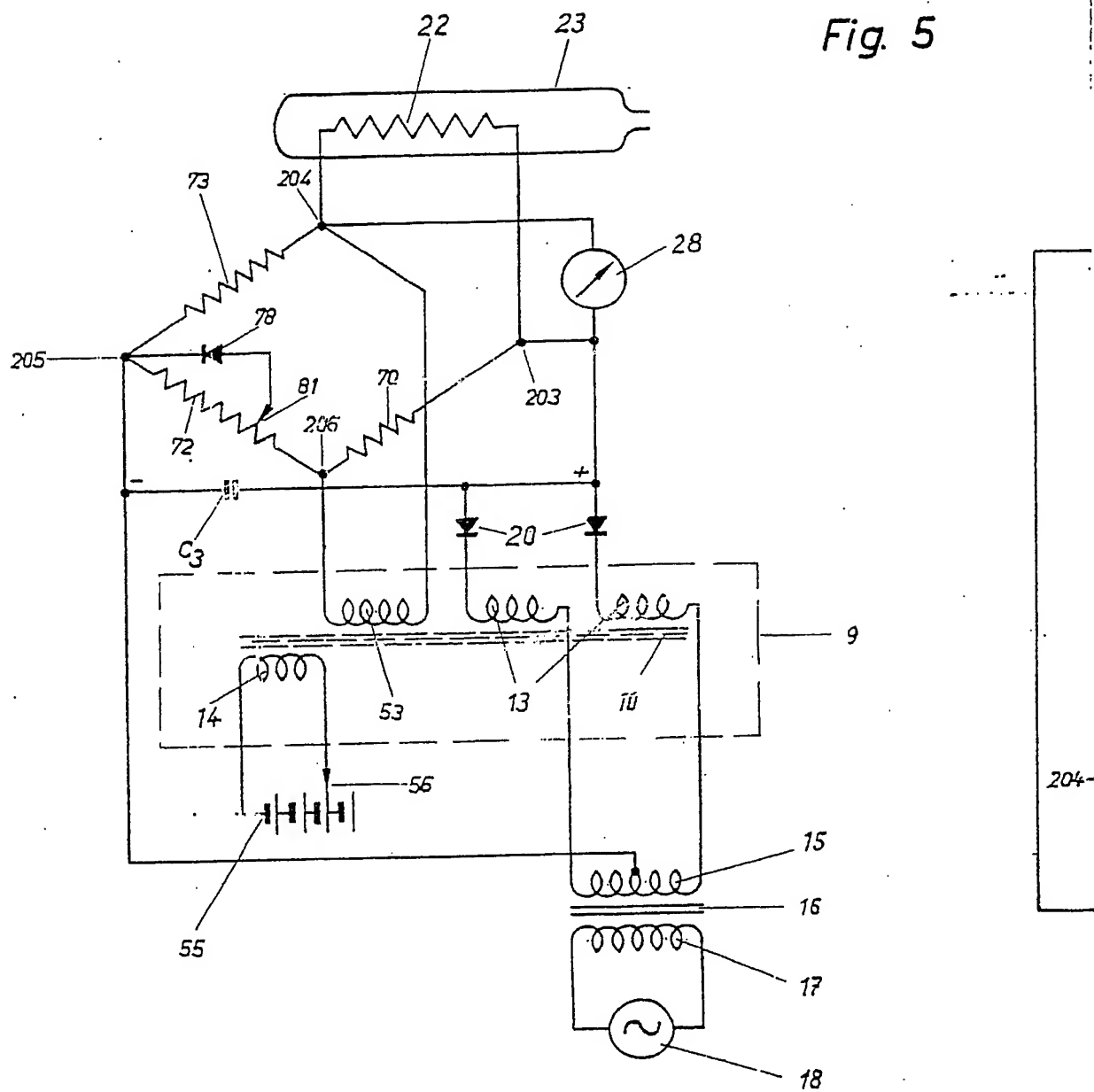


Fig. 6

